

UOT 626/627

KİÇİK SU ELEKTRİK STANSİYALARININ BASQILI DERİVASİYA  
BORULARININ HİDRAVLİK HESABLANMASI

R.S. ƏBİLOV

AZ. ET və LA Energetika İnstitutu MMC

*Məqalədə Kiçik Su Elektrik stansiyalarının derivasiya borularında yaranan hidravliki və yerli itkilərinin hesablanması, onların borularda axınların parametrlərinə təsirindən bəhs edilir.*

**Açar sözlər:** Boru, basqı, hidravlik müqavimət, basqı itkisi, yerli itki

Kiçik çayların və digər suaxarların hidroenerji potensiallarının öyrənilməsi üçün geniş miqyasda tədqiqat işləri aparılır. Respublikamızda kiçik dağ və dağətəyi çayların, kanalların və başqa suaxarların üzərində iqtisadi cəhətdən əlverişli olan 294 KSES-lərin yerləşdirilməsi mümkündür və onların ümumi təyin olunmuş gücü 891,83 MVt olub, illik enerji istehsalı isə 4098,60 KVt saat təşkil edir [1].

Başqa yanacaq növlərindən alınan elektrik enerjisi ilə müqayisədə bərpa olunan enerji mənbələrindən alınan elektrik enerjisi təhlükəsiz olub, iqtisadi cəhətdən daha əlverişlidir. Ona görə də Azərbaycan Respublikasının Prezidenti 21 oktyabr 2004-cü il tarixli sərəncamı ilə "Azərbaycan Respublikasında alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə edilməsi üzrə Dövlət Proqramı" və 16 noyabr 2011-ci il tarixli 594 sayılı sərəncamı ilə "Azərbaycan Respublikasında alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrinin tətbiqi ilə bağlı əlavə tədbirləri haqqında" sərəncamlar imzalamışdır. Bu məqsədlə Respublikanın Kiçik dağ və dağətəyi çaylarında geniş natur tədqiqatları aparılmış, "Azərbaycan Respublikası ərazisi üzrə iqtisadi cəhətdən daha səmərəli olan KSES-in xəritəsi tərtib edilmişdir" [2].

Artıq Balakənçayın üzərində tikiləcək "Balakən-1" KSES in layihə axtarış işləri başa çatmış, cizgiləri hazırlanmış, onun tikintisinə başlanılmışdır.

Eləcə də Astara rayonunda İstisuçayı üzərində "Astara-1" KSES-in, Masallı rayonun Rudakənər kəndi ərazisində Ulumi çayı üzərində, İsmayilli rayonunda silsilə KSES-lərin tikintisinə başlanılmışdır. Qusar rayonunda Urva kəndi ərazisində "Qusar-1," KSES istifadəyə verilmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, bu KSES-lərin təməlini Azərbaycan Respublikasının Prezidenti cənab İlham Əliyev qoymuşdur.

Respublikamızda layihələndirilən və tikintisi davam etdirilən KSES-lərin çoxu derivasiya tiplidir. Bu derivasiya qurğuları çox uzaq məsafədən, çətin relyef şəraitində çay axınına KSES qurğusuna polad və polietilen borularla çatdırılır. Bu derivasiya boruları çox

vaxtı çay məcrasına yaxın, sahilyanı ərazilərdən dərələrdən, kanallardan keçməklə layihələndirilir.

**Hidravlik müqavimətlər:** Hidravliki müqaviməti dəf etmək üçün ümumi basqısı itkisi aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$h_w = \sum h_i + \sum h_j; \quad (1)$$

Yerli müqavimətlə əlaqədar basqı itkisi

$$h_j = \xi \frac{v^2}{2g}; \quad (2)$$

Burada  $v$  - borunun yerli müqavimətdən sonrakı orta sürət,  $\xi$  - yerli müqavimət əmsəlidir. Sadə boruların uzunluq boyunca basqı itkisi Darsi-Veysbaxa görə aşağıdakı düsturla təyin edilir. [3]

$$h_i = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}; \quad (3)$$

Burada:  $\lambda$  - boru boyunca sürtünmədən yaranan müqaviməti ifadə edən Darsi əmsəlidir,  $l$  - baxılan hissənin uzunluğudur,  $d$  - borunun diametridir.

Basqı itkisi axının hərəkət rejimindən asılıdır. Bununla əlaqədar basqı itkisi hesablanan zaman  $\lambda$  - Darsi əmsalının təyin edilməsinə xüsusi fikir verilməlidir.

Hidravlik müqavimət əmsalının tapılmasının Nikuradze təcrübi yolla əldə etdiyi nəticəyə əsasən

$\lambda = f\left(R_g, \frac{\Delta}{d}\right)$  arasındakı loqarifmik asılılıq qrafik şəklində (1,2,3) verilmişdir. Bu qrafikin analizi  $\lambda$  - dəyişmə xarakterindən asılı olaraq onu 5 xarakter zonalarla ayırmağa imkan verir.

1. **Lominar rejim zonasıdır.** Burada hidravlik

müqavimət əmsalı nisbi kələ-kötürlükdən  $\frac{\Delta}{d}$  asılı deyildir. Hidravlik müqavimət əmsalı Puazeyl düsturuna görə hesablanır [5].

$$\lambda = \frac{64}{R_g}; \quad (4)$$

Axının lominar rejimində boru divarının kələ-kötürlüyündə bütün çıxıntılar maye ilə dolur, sərhəd

qatı yaranır və bu səbəbdən kələ-kötürlük hərəkətə təsir göstərmir, yəni  $\lambda = f(R_e)$  asılı olur.

**2. Bu zonaya aid olan rejim dayanıqsız və ya keçid oblastı adlanır, yəni lominar rejim turbulent rejimə və əksinə keçir.**

Reynolds ədədi  $R_e = (2 \div 4) \cdot 10^3$  dəyişir. Bu zonada hidravlik müqavimət əmsalı Zayçenkonun düsturuna görə təyin edilir.

$$\lambda = 0,0025 \sqrt[3]{R_e}; \quad (5)$$

**3. Hidravlik hamar borular zonasıdır.** Reynolds

ədədi  $4 \cdot 10^3 \leq R_e \leq 10 \cdot \frac{d}{\Delta}$  arasında dəyişir. Hidravlik müqavimət əmsalı yalnız Reynolds ədədindən asılı olub Blaziusun təklif etdiyi aşağıda göstərilmiş düsturla hesablanır [3]:

$$\lambda = R_e^{-0,25} \quad (6)$$

Bu zonaya görə axının əsas hissəsinin turbulent özak və boru divarına yaxın hissədə qalınlığı  $\delta$ -olan özlü (lominar) qat təşkil edir. Özlü qatın qalınlığı kələ-kötürlüyün çıxıntı hündürlüyündən  $\delta \ll \Delta$  olarsa, hərəkət "hidravlik hamar" borular zonasına düşəcəkdir.

**4. Bu hidravliki hamar borulardan kələ-kötür zonaya keçid zonasıdır.** Burada hidravlik müqavimət əmsalı  $\lambda$  Reynolds ədədindən  $R_e$ , həm də nisbi kələ-

kötürlükdən  $\frac{\Delta}{d}$  asılıdır, yəni,  $\lambda = f\left(R_e, \frac{\Delta}{d}\right)$ . Reynolds ədədi  $10 \frac{d}{\Delta} \leq R_e \leq 500 \frac{d}{\Delta}$  arasında dəyişir. Hidravlik müqavimət əmsalı  $\lambda$  Altşula görə təyin edilir [4]:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{\Delta}{d} + \frac{68}{R_e} \right)^{0,25} \quad (7)$$

**5. Kvadratik müqavimət zonasıdır.**  $R_e > 500 \frac{d}{\Delta}$  hidravlik müqavimət əmsalı, ancaq kələ-kötürlükdən

asılı olaraq dəyişir, yəni  $\lambda = f\left(\frac{\Delta}{d}\right)$  Şifrinsona görə kvadratik müqavimət zonası üçün

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{\Delta}{d} \right)^{0,25} \quad (8)$$

Bu zonada lominar qatın qalınlığı  $\delta \ll \Delta$

Boruların növü	$\Delta$
Təzə polad borular üçün	$0,1 \approx 0,2$
Az korroziyalı polad borular üçün	$0,2 \approx 0,3$
Təzə çuqun borular üçün	$0,1 \approx 0,8$
Köhnə polad borular üçün	$0,5 \approx 2,0$

**Yerli itkilər.**

Maye, boru kəmərlərində və digər qurğularda hərəkətinin hidravliki hesablanması sürtünmə müqavimətindən əlavə, yerli müqavimətlərdən yaranan təzyiq itkisini də nəzərə almaq

lazımdır.

Yerli təzyiq itkisi, yerli müqavimətlərin axının normal konfigurasiyasının, en kəsiyinin və istiqamətinin kəskin dəyişməsi nəticəsində yaranır. Klapanlar, siyirtmələr, kranlar, diafraqmalar, ştuserlər, dirsəklər və s. yerli müqavimətlərə misal ola bilər [3].

Yerli müqavimətlə əlaqədar olaraq basqı itkisi aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$h_j = \xi \frac{v^2}{2g} \quad (9)$$

Burada,  $v$  -borunun yerli müqavimət yerləşən hissəsində orta sürət  $\xi$  -yerli müqavimət əmsalıdır.

Yerli müqavimət əmsalı  $\xi$  -eksperiment nəticəsində təyin edilir. Bunun üçün xüsusi qrafiklər, cədvəllər və sorğu materialları tərtib edilmişdir. Bəzi xüsusi hallar üçün nəzəri yolla tapılmasını göstərək.

Boru kəmərinin girişinin ağzı girdəlməmiş:  $\xi_{giriş} = 0,4 \div 0,5$

Boru kəmərinin girişinin ağzı girdəlməmişdir:  $\xi_{giriş} = 0,2$

Olduqca səliq çevrə;  $\xi_{giriş} = 0,05$

**Boru kəmərinin qəflətən genişlənməsi.** Boru kəmərinin qəflətən genişlənməsi zamanı yaranan basqı itkisi, Bordaya görə aşağıdakı kimi təyin edilir;

$$h_{q.g} = \left( \frac{v_1 - v_2}{2g} \right)^2 = \xi_{q.g.1} = \frac{v_1^2}{2g} = \xi_{q.g.2} \frac{v_2^2}{2g} \quad (10)$$

Burada  $v_1$  və  $v_2$  qəflətən genişlənməyə qədər və sonrakı axının orta sürətidir.

Veysbaxın düsturundakı (10) yerli müqavimət əmsalı aşağıdakı ifadələrlə təyin edilir.

$$\xi_{q.g.1} = \left( 1 - \frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^2 \quad (11)$$

$$\xi_{q.g.2} = \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2 \quad (12)$$

Burada  $\omega_1$  və  $\omega_2$  -borunun qəflətən genişlənməyə qədər və sonrakı enkəsik sahələridir.  $\xi_{q.g.2}$  - qiymətləri cədvəldə verilmişdir.

$\frac{\omega_2}{\omega_1}$ $n = \omega_1$	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$\xi_{q.g.2}$	81	64	49	36	25	16	9	4	1	0

**Boru kəmərinin qəflətən sıxılması.** Qəflətən sıxılma zamanı yerli müqavimət əmsalı

$$\xi_{q.s} = \left( \frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)^2 \quad (13)$$

$n_1$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\varepsilon$	0,609	0,613	0,618	0,623	0,631	0,642	0,656	0,673	0,713	0,785	1,0

$\varepsilon$  - şınağın sıxılma əmsalı olub, sıxılmış şınağın

$\frac{\omega_2}{\omega_1}$ $n = \omega_1$	0,01	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\xi_{q.s}$	0,41	0,4	0,38	0,36	0,34	0,3	0,27	0,2	0,16	0,1	0



en kəsik sahəsinin  $\omega_s$ , sıxılmış borunun en kəsiyinin sahəsinə  $\omega_z$  nisbətində bərabərdir.

$\varepsilon = \omega_s / \omega_z$ ;  $\varepsilon$  - axının sıxılma dərəcəsi

$$n_1 = \frac{\omega_2}{\omega_1}$$

A.D.Altşula görə aşağıdakı düsturla təyin edilir [4].

$$\varepsilon = 0,57 + \frac{0,013}{1,1 - n_1} \quad (14)$$

$\varepsilon$  - nın (14)-dəki düsturla hesablanmış qiymətləri aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

Boru kəmərinin qəflətən sıxılmasında  $\xi_{q-s}$  əmsalının qiymətləri.

Boru kəmərinin döngələrində yaranan yerli müqavimət əmsalları.

Dairəvi en kəsikli borunun  $\alpha$ - bucağı altında birdən dönməsi zamanı yaranan yerli müqavimət əmsalı aşağıdakı kimi tapılır.

$\xi_\alpha = \xi_{90^\circ} (1 - \cos \alpha)$  burada  $\xi_{90^\circ}$  - bucaq üçün müqavimət əmsalının qiymətləri təqribən  $\xi_{90^\circ} = 1$  götürmək olar.

Dairəvi en kəsikli borunun səliş dönməsi dirsəkdə yaranan müqavimət əmsalı

$\xi_\alpha = \xi_{90^\circ} \cdot \alpha$  hesablanır.  $\xi_{90^\circ}$  əmsalı A.D. Altşula görə təyin edilir. [4;5]

$$\xi_{90^\circ} = [0,2 + 0,001(100\lambda)^{0,5}] \sqrt{d/R} \quad (15)$$

Burada:  $d$ - borunun diametri,  $R$ - dönmə radiusudur. Dairəvi borunun birdən dönməsində  $\xi_{90^\circ}$  - əmsalının qiymətləri

$d, mm$	20	25	34	39	49
$\xi_{90^\circ}$	1,7	1,3	1,1	1	0,83

Borunun  $\alpha$ -mərkəzi dönmə bucağından asılı  $\alpha$ - nın qiymətləri

$\alpha, dər$	20	30	40	50	60	70
$\alpha$	0,40	0,55	0,65	0,75	0,83	0,88

$\alpha, dər$	80	90	100	120	140	160	180
$\alpha$	0,95	1	1,05	1,13	1,20	1,27	1,33

Derivasiya borusunda basqı itkilərin hesablanması aid misal göstərək.

$L$ - derivasiya borusunun uzunluğu;  $L=1,22m$

$\lambda$  -polad borunun hidravliki müqavimət əmsalı:

$$\lambda = 0,014$$

$\omega$ - borunun canlı en kəsik sahəsi;  $\omega=1,17 m^2$

$d$ - borunun diametri;  $d=1,22 m$

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,22^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,4884}{4} = 1,17 m^2;$$

$v$  -boruda suyun sürətidir.

$$v = \frac{Q_{SES}}{\omega} = \frac{2 \cdot 4}{1 \cdot 17} = 2,05 \frac{m}{s};$$

$Q_{SES}$ - SES-ə götürülən suyun sürətidir.  $Q_{SES}=2,4 m^3/s$

$$h_w =$$

$$\lambda \frac{L v^2}{d \cdot 2g} = 0,014 \cdot \frac{1,567,2 \cdot 2,05^2}{1,22 \cdot 19,62} = 17,984 \cdot 0,214 = 3,85 m; h_w = 3,85 m;$$

yerli itkilərin təyini

$$\sum \xi_{yi} \left( \frac{v}{\omega_i} \right)^2 = 0,13 \left( \frac{1,17}{1,17} \right)^2 + 1,24 \left( \frac{1,17}{1,17} \right)^2 = 0,068 + 0,062 + 0,057 + + 0,074 \left( \frac{1,17}{1,17} \right)^2 + 0,25 = 1,17 + 0,26 + 0,85 = 1,68 m$$

$$h_{um, it} = h_{uz, i} + h_{yer, it} = 3,85 + 1,68 = 5,53 m;$$

$$h_{um, it} = 5,53 m.$$

## ƏDƏBİYYAT

1. Əbilov R.S. Dağ çayları axımlarının hidroenergetik mənimsənilməsi üçün yeni sahil mühafizə qurğularının işlənməsi. Su Problemləri İnstitutu, Bakı: 2015. s.41-44. 2. Bəşirov F.B. Hidravlika, Bakı: 2006. s. 170-172. 3. İsmayilov R.Ş., Vəliyev C.Z. Mürəkkəb boruların hidravlik hesabına dair metodiki iş, Sumqayıt: 1994.s.9-14. 4. Алтшуль А.Д. и др. Примеры расчётов по гидравлики, М.: Стройиздат, 1977, с. 235. 5. Киселёв Л.Г., Справочник по гидравлический расчёт, М.: Энергия 1974. с.62-65.

### Гидравлический расчёт трубопроводов малые гидроэлектростанции

Р.С.Абилов

В статье предусматривается гидравлический расчёт, определяется потеря напора, величина гидравлического удара и коэффициенты сопротивления трубопроводов малые гидроэлектростанции.

**Ключевые слова:** труба, напор, гидравлический сопротивление, потеря напора, местные напор.

### Hydraulic calculation pipelines of small hydropower plants

R.S.Abilov

The article provides a hydraulic calculation determined pressure losses, the amount of water hammer and drag coefficients of piping small hydropower plants.

**Key words:** pipe, pressure, hydraulic resistance, pressure losses, the local head.